Zur Entwicklung von Vanellus cristatus.

Von

Walther Graul

aus Wittenberg.

Hierzu Tafel VI und VII.

Einleitung.

Es liegt nicht in meiner Absicht, mit vorliegender Abhandlung eine fortlaufende Entwicklungsgeschichte des Vanellus cristatus durchzuführen, ganz abgesehen davon, auf die Keimblattbildung und auf histologische Details einzugehen, sondern ich will mich darauf beschränken, einige Kapitel durchzuarbeiten, die vielleicht für die systematische Stellung des Vanellus cristatus in der Ordnung der Vögel von Bedeutung und Interesse sein könnten. Da die Systematik der Vögel, die sich in neuerer Zeit ja hauptsächlich auf die Embryonaluntersuchungen stützt, trotz der eingehenden Studien und Forschungen Fürbringers und vieler anderer Zoologen noch auf sehr unklaren Bahnen ist, so hielt ich es für keine undankbare Aufgabe, einige Beiträge zur Entwicklung des Vanellus zu liefern, die vielleicht von berufenen Forschern für systematische Zwecke verwendet werden dürften. Die Anregung meines hochverehrten Lehrers, des Herrn Prof. Dr. Th. Studer und der Wunsch, Näheres über die Entwicklung der Kiebitze zu erfahren, waren die Veranlassung zu vorliegender Arbeit. Bevor ich aber zur Beschreibung der hierbei gewonnenen Resultate übergehe, erfülle ich gern die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer für seinen vielfachen und fördernden Rat und sein stetes Wohlwollen meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Überaus große Schwierigkeiten verursachte es mir, das für die Arbeit erforderliche Material zu erhalten. Da der Kiebitz in der Schweiz nur sehr selten nistet, wohl aber im nördlichen Deutschland in vereinzelten, kleinen Schwärmen vorkommt, so war ich genötigt, das Material von dort zu beziehen. Und da es nun wieder wegen der grossen Nachfrage nach Kiebitzeiern von seiten verwöhnter Gourmands nicht leicht war, angebrütete Eier zu erlangen, so mußte ich versuchen, die frischen Eier künstlich im Brutofen bis zu dem gewünschten Stadium bebrüten zu lassen. Wochen-, ja monatelang vorher waren von mir an allen Orten und Gegenden der Elbaue Unterhändler beauftragt worden, alle Eier, deren sie habhaft werden konnten, für mich aufzukaufen. Bei dem regen

Sammeleifer meiner Lieferanten gelang es mir, das reichliche Material von 70 Eiern zusammen zu bringen. Für die dortigen Kiebitzeierliebhaber hatte dies nun die unerfreuliche Folge, daß sie in diesem Frühjahre auf ihre übliche Delikatesse verzichten mußten, und daß eines Tages in der Ortszeitung meiner Heimatsstadt Wittenberg a. d. Elbe folgende Mitteilung erschien: „Die Ernte der Kiebitzeier hat in diesem Jahre in unserer Gegend den Erwartungen bei weitem nicht entsprochen. Die Veranlassung zu der Mißernte waren wohl schlechtes, kaltes Wetter und auch das Hochwasser, das die Gelege zerstörte oder überhaupt unmöglich machte. . . . " O hätten die Gourmands am Elbufer gewußt, wer ihnen die Kiebitzeierernte zerstört hat und welchem viel idealeren und wissenschaftlicheren Zwecke die Eier gedient haben, als in den Magen verwöhnter Feinschmecker zu wandern!

Die Eier ließ ich also im Brutofen bei einer Temperatur von 39° Celsius bebrüten; und da der Ofen sehr regelmässig funktionierte und auch gewissenhaft bedient wurde, so war ich in der glücklichen Lage, von einer großen Anzahl Brutstadien einen oder sogar auch mehrere Embryonen zu erhalten, wenn auch eine gewisse Anzahl von Eiern nicht zur Entwicklung gelangte.

Hinsichtlich der Untersuchungsmethoden ist zu bemerken, daß ich bei kleinen Objekten, abgesehen von ein paar vereinzelten Fällen, in denen es sich um Feststellung relativ grober Verhältnisse handelte, durchweg die Zerlegung in zur mikroskopischen Untersuchung geeignete Schnittserien geübt habe, da nur diese Methode genügende Garantie bietet, daß nichts übersehen wird.

Die Embryonen wurden in 4 % Formalinlösung fixiert. Die Extremitäten und der Schnabel, welche ich einem genaueren Studium unterzog, wurden vom Körper abgetrennt und je nach ihrer Größe entweder in toto untersucht oder in Schnittserien zerlegt, besonders da, wo es mir auf feinere Strukturverhältnisse ankam. Betreffs der hierbei befolgten Technik habe ich nur einige Färbungsweisen zu erwähnen. Ich habe stets vermieden, die Objekte vor dem Zerschneiden zu färben, weil in diesem Falle keine klare Differenzierung zwischen Knorpel- und Muskelzellen erlangt werden kann. Sehr zufrieden gestellt hat mich die Färbemethode mit der wässerigen Meyer-Lee'schen Haemalaunlösung. Und wo es sich um noch feinere Strukturverhältnisse handelte, habe ich mich der komplizierteren Eisenalaun-Haematoxylinfärbung bedient, doch war es zu diesem Zwecke nötig, Schnitte von höchstens $^1/_{125}$ mm Dicke zu haben. Diese Methode lieferte stets scharf differenzierte Bilder, und kann ich sie, wenn sie auch etwas umständlicher und zeitraubender ist als die Haemalaunfärbung, allen Kollegen sehr empfehlen[1]).

[1]) Nach Anfertigung der Schnittserien werden diese auf dem Objektträger von ihrem Paraffin in reinem Xylol befreit und über die bekannte Xylol-Alkoholreihe geführt. Aus dem 30% Alkohol kommen sie auf 24 Stunden in eine 3% wässerige Eisenalaunlösung. Darauf kurze Auswaschung der Präparate in

Inbezug auf die Schnittrichtung wäre noch anzuführen, daß die Zerlegung der Objekte, je nach dem speziellen Zweck, entweder in Querschnitten (Schnittebene senkrecht zur Längsachse) oder in sagittalen Flächenschnitten (Schnittebene parallel der Längsachse) oder in Frontalschnitten geschah. (Schnittebene senkrecht auf den beiden andern). In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle sind Frontalschnittserien hergestellt worden, da sie das anschaulichste Bild lieferten. Einige habe ich davon auf der im Anhang folgenden Tafel wiedergeben lassen. — Zur Feststellung des für ein beliebiges Entwicklungsstadium geltenden Tatbestandes reichte selten die Untersuchung blos einer Extremität hin, meistens untersuchte ich das Extremitätenpaar und in vielen Fällen lieferten mehrere gleichweit entwickelte Embryonen das erforderliche Material. Dadurch wurde zugleich für die Richtigkeit schwieriger zu verstehender Formverhältnisse eine vorzügliche Kontrolle geschaffen, besonders wenn die Objekte in verschiedenen Schnittrichtungen zerlegt waren.

Die Entwicklung der Leibesformen im Allgemeinen.

Die äusseren Formen der Kiebitzembryonen in den verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung sind natürlich bedingt durch ihren ganzen inneren Aufbau und bis ins einzelne nicht zu verstehen, wenn wir diesen inneren Aufbau nicht ganz genau kennen. Es liegt nun aber nicht im Plane meiner Arbeit, hier die oben angedeutete Aufgabe zu lösen, sondern es handelte sich für mich darum, in großen Zügen einen Überblick darüber zu geben, in welcher Weise die Entwicklung in den verschiedenen Stadien verläuft; denn die Grundzüge der Entwicklung prägen sich natürlich auch in der äusseren Gestalt aus.

Die jüngsten Entwicklungsstadien, die ich beobachten konnte, sind vom vierten Bruttage. In diesem Stadium, in dem der Embryo ca. 8,5 mm mißt, sind die meisten Organe schon in der Anlage aufgetreten und erkennbar. Der gallertartige Körper des Embryo zeigt eine spiralige Krümmung, welche durch die starke Kopfbeuge

---

gewöhnlichem, fliessenden Wasser, worauf sie ca. 12 Stunden in eine 0,5% wässerige Haematoxylinlösung gelangen. Auch danach wird das Präparat in gewöhnlichem Wasser gewaschen, um dann in 1,5% Eisenalaunlösung überführt zu werden. Jetzt muß man unter dem Mikroskop genau beobachten, bis die Differenzierung der einzelnen Gewebe klar und deutlich geworden ist (gewöhnlich in 5—10 Minuten), um dann das Präparat zu wässern und über die Alkoholreihe zurück bis zum Xylol zu führen.

verursacht wird, sodass der Vorderteil des Kopfes sich in spitzem Winkel zur Körperachse stellt, und der Mund gerade nach der vorderen Brusthälfte zugekehrt ist. Die Grundform des Kopfes wird von den Gehirnblasen, den beiden Augenblasen, dem Ende des Vorderdarmes und der Epidermis gebildet, von der sich die Nasengruben abgrenzen. Das Mittelhirn ist jetzt im Verhältnis größer als zu irgend einer anderen Zeit, eine undeutliche Längsfurche an seiner oberen Fläche teilt es in zwei seitliche Hälften. Die beiden Augenblasen treten bedeutend an den Kopfseiten hervor. Der Kopf des Embryo nimmt fast $^2/_3$ der ganzen Körpermasse ein, wie aus der Entwicklungstabelle ersichtlich ist (pag. 12). Und wenn auch in der Weiterentwicklung des Embryo das Größenverhältnis des Kopfes zur ganzen Körperlänge allmählich abnimmt, so ist beispielsweise doch noch am neunten Tage das Verhältnis von Kopfdurchmesser zur Gesamtlänge 1 : 2.

Bei starker Vergrösserung kann man 4 Kiemenspalten und 5 Kiemenbögen wahrnehmen. Am Gesicht sind die Oberkieferfortsätze noch weit getrennt, ebenso sind die Unterkieferfortsätze noch nicht median vereinigt. Zwischen den Oberkieferfortsätzen liegt der ziemlich breite Stirnfortsatz. Der Hals bildet einen zwischen Kopf und Rumpf eingeschobenen Keil. Die beiden Extremitätenpaare, die anfangs einander sehr ähnlich sind, sind als lappenförmige Gebilde angelegt, sitzen weit dorsal gerückt mit breiter Basis an und liegen wegen des Vorherrschens des Kopfes scheinbar weit hinten am Körper. Die Flügel treten gerade hinter dem Herzen hervor und die hinteren Extremitäten unmittelbar vor dem Schwanze. Die Zahl der Somiten beträgt etwa 40; eine genauere Angabe ließ sich in diesem Stadium noch nicht machen, während ich an Schnittserien durch einen sechstägigen Embryo 43 Somiten habe zählen können, von denen 12 auf den Halsabschnitt. 17 auf den Rumpfteil von der vorderen Extremität bis zur Ansatzstelle der hinteren Extremität incl. und die übrigen 14 auf den Schwanz entfallen.

Während am viertägigen Embryo noch fünf Visceralbögen deutlich wahrnehmbar sind, sind am fünften Tage drei davon verschwunden. Die Gesichtsbildung zeigt insofern eine Weiterentwicklung, als sich die Unterkieferfortsätze vereinigt haben und der mit dem lateralen Stirnfortsatz verbundene Oberkieferfortsatz sich dem medialen Stirnfortsatze nähert. Mit Ausnahme der ersten schließen sich alle Kiemenspalten am siebenten Tage. Die Gebilde, welche den Mund umgeben, fangen an die für den Vogel bezeichnenden Formen anzunehmen, jedoch zunächst blos andeutungsweise. Die vereinigten Unterkieferfortsätze stellen die untere Begrenzung des Mundes her, während, von ihnen nur durch einen schmalen Spalt getrennt, die Oberkieferfortsätze und der Stirnfortsatz in ähnlicher Weise zur Bildung der oberen Mundwand zusammentreten. Die Oberkieferfortsätze verwachsen nicht mit der Spitze, sondern mit den Seitenflächen des Stirn-Nasenfortsatzes, sodaß zwischen ihnen auf jeder Seite ein winkliger Spalt zurückbleibt. Der Embryo mißt

in diesem Stadium 15 mm. Die Größe der Augen und des Mittelhirns, das am Kopfe stark hervortritt, hat beträchtlich zugenommen. Obwohl der Kopf noch unverhältnismäßig groß ist, so hört sein Wachstum jetzt doch schon auf stärker zu sein als das des Rumpfes. Die Körperkrümmung ist schwächer geworden, sodaß der Kopf nicht mehr ganz so nahe am Schwanze liegt wie an den vorhergehenden Tagen; zugleich tritt der Hals deutlicher hervor. Die Extremitäten zeigen bei starker Vergrößerung eine deutliche Gliederung. An der kurzen und am Ende flossenartig verbreiterten Hand der Vorderextremität lassen sich zwei durchscheinende Fingerstrahlen erkennen, die hintere Extremität zeigt auch am Ende eine Verbreiterung und drei deutliche kurze Strahlen, während ein weiterer Strahl, welcher der Anlage des Metatarsale I entspricht, nur ganz wenig angedeutet ist. Die vorderen Extremitäten, die vorher mit ihren Spitzen mehr oder weniger caudal gerichtet waren, sind jetzt ventral gerichtet. Die Anlage von Flügel und Bein ist also schon differenziert, wenn auch die Grössenverhältnisse der beiden Extremitäten noch einander ziemlich gleich sind. Das Herz tritt für die Gestaltung des Rumpfes weniger in den Vordergrund als zuvor.

Während des achten, neunten und zehnten Tages wächst der Embryo bedeutend. Der Kopf ist noch sehr groß, rundet sich aber mehr ab, da das Mittelhirn jetzt weniger hervorragt. Figur 5 auf Tafel I stellt einen Embryo dar, welcher einem neun Tage bebrütetem Ei entnommen ist. Derselbe mißt vom Schnabel bis zur Schwanzspitze 49 mm. Die Körperform ist vollkommen ausgebildet. Am Vorderkopf wird die Mundhöhle von den vereinigten Unterkiefern und nach oben von den ebenfalls vereinigten Teilen des Oberschnabels begrenzt. An Stelle des Oberkieferfortsatzes ist ein deutlicher Schnabel von 2,5 mm Länge getreten, der leicht nach unten gekrümmt ist. Der ganze Kopf und daran wieder das Gehirn ist immer noch unverhältnismäßig groß; an Masse überwiegt er zwar nicht mehr den übrigen Körper, doch nimmt er immer noch die Hälfte des ganzen Körpers ein. Dieses Mißverhältnis ist, wie wir gesehen haben, in den früheren Stadien noch viel auffälliger. An den großen, vorspringenden Augen, die eine wohl entwickelte Iris haben, ist eine Anlage der Nickhaut sichtbar. Die Cornea ist durchsichtig, die Sclerotica sehr dünn, sodaß die schwärzliche Gefäßhaut durchschimmert. Die Chorioidalspalte, die sich erst im Laufe des dreizehnten Tages schließt, ist deutlich wahrnehmbar. Nicht zu verkennen sind die ersten Anlagen der Federfluren, die in Form von Federpapillen in der bekannten Quincunxstellung auftreten, besonders an den Ansatzstellen der Extremitäten, jedoch auch auf die Extremitäten selber übergehend und ein schmaler Streifen an der unteren Seite des Schwanzes. Die Flügel, an denen sich eine leichte Krümmung nach hinten, dem Ellenbogen entsprechend, bemerkbar macht, sind länglich und schlank. An der radialen Seite kann man einen kleinen Absatz wahrnehmen, welcher dem Ende des Daumens entspricht. Die Hinterextremitäten zeigen,

das Knie nach vorn gerichtet, vier durch Schwimmhäute verbundene Zehen, von denen die kürzeste der kleinen Hinterzehe entspricht. In diesem Stadium hat der Fuß noch nicht die Form der Anisodactyle angenommen, sondern die kleine Zehe liegt noch nach vorn in gleicher Ebene mit den andern drei Zehen, wie wir es bei den primitiveren Sauropsiden finden. Auf der Spitze des Schnabels hat sich ein kleines, hartes, weißes Knötchen gebildet, der sog. Eizahn, der am Ende der Brutzeit zum Durchbrechen der Eischale dient und nach dem Ausschlüpfen des jungen Kiebitzes noch im Laufe des ersten Tages abgeworfen wird. Zu erwähnen wäre ferner das Auftreten des Pygostils, der am zehnten Tage seine größte Länge erreicht, um am Ende des elften Tages wieder zu verschwinden. Er hat die Gestalt eines gestielten Knöpfchens, das, wie die genauere Untersuchung ergab, einer allmähligen Reduktion anheimfällt.

Der zehntägige Embryo mißt vom Schnabel bis zum Schwanzende 54 mm. Sein Kopf ist im Verhältnis zum Rumpf noch sehr groß. Am knorpeligen Oberschnabel von 3,5 mm Länge zeigt sich der hornige Überzug, während am Unterschnabel noch keine Spur davon zu erkennen ist.

Vom zwölften Tage ab gewinnt der Embryo nicht blos mehr und mehr den Vogelcharakter, sondern es werden auch die Eigentümlichkeiten bemerkbar, welche das Genus und die Species des Vanellus auszeichnen. Der 63 mm lange Embryo hat eine gekrümmte Lage. Sein im Verhältnis zum Körper weniger großer Kopf ist zwischen die Füße angezogen und zum Teil von den Flügeln bedeckt. Die gefäßreiche Haut läßt viele kleine, warzenförmige Federpapillen erkennen, aus denen die Embryonaldunen hervorzubrechen beginnen. An den Extremitäten verschwinden die Schwimmhäute, die am elften Tage schon starke Einkerbungen zeigten. Ein kleiner Rest bleibt zwischen der zweiten, dritten und vierten Zehe bestehen. In diesem Stadium erreichen die beiden Augen im Verhältnis zum Kopfe ihre größte Ausdehnung (cf. Tabelle auf pag. 12).

Am dreizehntägigen Embryo ist fast der ganze Körper, besonders die Haut des Rückens, des Schwanzes, der Flügel und der Schenkel, mit einem bräunlich-schwarzen Flaum bedeckt, der aus Pinseldunen besteht. Dieselben bilden einen Pinsel von kurzen, schlaffen Strahlen, welche feine Seitenfiedern tragen. Die Hornscheide der Dunenpapille wird also schon im Ei abgestoßen. Die Extremitäten sind der Form nach ganz ausgebildet vorhanden. An den Füßen nimmt man die Zehen mit allen ihren Gliedern wahr; sie sind aus der einer Schwimmhaut ähnlichen Haut, welche die Zehen vorher verband, gleichsam hervorgewachsen, jedoch erblickt man an der Wurzel noch die Rudimente jener Haut. In diesem Stadium treten die Nägel an den Spitzen und zarte weißliche Schuppen an den übrigen Teilen der Zehen auf. Der Schnabel ist ganz gebildet und mit Knorpelmasse durchdrungen. In der Nasen-

höhle sind die kleinen knorpeligen Muscheln vorhanden. Die mit Blutgefäßen versehene Zunge liegt ziemlich frei in der Mundhöhle.

Der fünfzehntägige Embryo gleicht im wesentlichen dem soeben beschriebenen, abgesehen davon, daß er etwas an Größe zugenommen hat. Das Knorpelskelet ist vervollständigt und die verschiedenen Muskeln des Körpers grenzen sich ziemlich deutlich ab. Der Schnabel und die Zehenglieder sind mit einem hornartigen Überzug versehen.

Die nächsten Entwicklungsstadien will ich in Kürze zusammenfassen, da sie fast mit denen des Hühnchens übereinstimmen. Der mit Dunenfedern bedeckte Embryo liegt, in dem Amnion eingeschlossen, in einer gekrümmten, zusammengeballten Lage. Der Hals ist stark gebogen und der Kopf liegt gewöhnlich unter dem rechten Flügel seitwärts an der Brust. Die hinteren Extremitäten sind gegen den Bauch angezogen. Der Oberschnabel, der inzwischen eine bläulich-schwarze Färbung angenommen hat, ist am Ende kolbenartig verdickt und nach unten gebogen. Vor dem Nasenloch liegt eine Furche, welche sich zum Schnabelrand hinabzieht. Der Unterschnabel ist am Ende etwas verbreitert und etwas kürzer als der Oberschnabel. Näheres bringe ich in dem speziellen Kapitel über das Schnabelwachstum. An der Zungenbasis sieht man schon die rückwärts gerichteten, spitzen Papillen, die aber noch eine weiche Consistenz haben. Flügel und Füße zeigen im großen und ganzen das Verhalten des erwachsenen Kiebitzes, abgesehen von der Farbe der letzteren. Während die Füße des erwachsenen Vogels rotbraun sind, zeigen sie während der Entwicklung eine bläulich-schwarze Färbung. Der Kiebitz ist nach dem Verlassen der Eihülle noch ein unbehülfliches Geschöpf. Zwar ist er imstande, auf seinen überaus stark ausgebildeten Füßen zu laufen, doch fehlt ihm noch jede Möglichkeit zum Fliegen. Der ganze Körper ist nunmehr mit Pinseldunen besetzt, deren Farbe an Kopf, Hals und Rücken und der Außenseite der Extremitäten schwarz, am Bauche grau-weiß ist. Auffallend ist das Verhältnis der Extremitätenlänge des aus dem Ei geschlüpften Jungen zu der des ausgewachsenen Vogels, worüber eine kurze Tabelle am besten Aufschluß gibt:

	Ausgewachs. Kiebitz	1 tägig. Nestjunges
Länge v. d. Schnabelspalte bis zum Schwanz	25,— cm	11,85 cm
Vordere Extremität. Skelett	20,35 „	4,85 „
Hintere Extremität. Skelett	18,45 „	10,05 „

oder besser als Proportion ausgedrückt:

Ausgew. Kiebitz:
Ganze Länge: Vorderen Extrem.: Hint. Extr. = 1 : 0,814 : 0,738.
Nestjunges:
Ganze Länge: Vorderen Extrem.: Hint. Extr. = 1 : 0,409 : 0,848.

Daraus ergibt sich als Resultat, daß das Flügelskelett des eintägigen Nestjungen im Verhältnis erst $^1/_2$ so groß ist als das des erwachsenen Vogels, während die hintere Extremität schon über das Verhältnis hinaus entwickelt ist. Diese merkwürdige Erscheinung dürfte wohl von gewissem Interesse sein.

Zum Schluß will ich noch einige Worte über die Länge der Entwicklungszeit hinzufügen. Die Entwicklungszeit der Vögel zerfällt bekanntlich in eine embryonale und eine postembryonale. Über erstere, welche die Brütezeit ist und mit dem Ausschlüpfen endigt, kann ich im Einklang mit Naumann feststellen, daß sie beim Vanellus 25 Tage beträgt, während sie Tiedemann auf 16 Tage angibt. Die Länge der postembryonalen Periode läßt sich nun schwer bestimmen, da sich zwischen jungen und alten Vögeln keine eigentliche Grenze ziehen läßt. Man könnte jedoch das Flüggewerden als Ende der postembryonalen Entwicklung annehmen und dies geschieht beim Vanellus am zehnten Tage nach dem Verlassen des Eies.

Am Ende dieses Abschnittes lasse ich jetzt noch eine Tabelle folgen über einige relative Größenverhältnisse, die guten Aufschluß über das Gesamtwachstum des Kiebitz geben wird. Hierbei werde ich vorläufig die Maße über Extremitäten- und Schnabelentwicklung nicht berücksichtigen, da ich diese in den speziellen Teilen bringen werde.

Angabe des Bruttages	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Länge v. Scheitel z. Schwanz	0,85	0,90	1,30	1,45	1,80	2,00	2,30	2,50	3,00	3,20
Länge v. Schnabel z. Schwanz	2,35	2,65	3,60	3,90	4,60	4,90	5,40	5,60	6,30	7,40
Aequator. Kopfdurchmesser .	0,55	0,60	0,70	0,80	1,10	1,25	1,35	1,50	1,85	2,10
Vertikel. Kopfdurchmesser . .	0,50	0,50	0,65	0,75	0,90	1,00	1,00	1,05	1,20	1,40
Augendurchmesser, aequator .	0,20	0,20	0,35	0,45	0,65	0,75	0,80	0,80	1,05	1,10

Angabe des Bruttages	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XX	XXIII	1 tägig. Nestj.	4 tägig Nestj.	ausgewachs. Kiebitz.
Länge vom Scheitel z. Schwanz	3,60	4,00	4,40	4,50	4,50	4,70	5,00	5,50	6,30	18,00
Länge vom Schnabel z. Schwanz	8,00	9,30	9,60	10,50	11,00	11,00	11,70	11,85	12,50	25,00
Aequator. Kopfdurchmesser	2,25	2,35	2,50	2,70	2,95	3,00	3,20	3,50	3,60	6,00
Vertikal. Kopfdurchmesser	1,40	1,45	1,55	1,60	1,65	1,70	2,00	2,00	2,05	3,00
Augendurchmesser, aequator	1,15	1,20	1,30	1,35	1,35	1,40	1,40	1,40	1,45	—

Die Entwicklung der vorderen Extremität.

Die Vorderextremität der Vögel bietet infolge der Reduktion ihres peripheren Endabschnittes entwicklungsgeschichtlich großes Interesse. Und da für die Vorderextremität das Verhalten des Handskeletts, besonders des Carpus und Metacarpus am bedeutungsvollsten ist und hierüber die größten Meinungsverschiedenheiten geherrscht haben, so will ich mit der Darstellung dieses Abschnittes beginnen.

Bekanntlich ist der Carpus und Metacarpus der Vögel entsprechend der Verminderung der Phalangenzahl derart reduziert, daß sich im ausgebildeten Zustande von carpalen Elementen nur noch zwei selbständige Carpalia und drei Metacarpalia vorfinden. Daß der Ausfall der Endglieder allein von der ulnaren Seite aus stattgefunden hat, wird jetzt fast allgemein anerkannt, indem man die Deutung Owens, nach der die drei Metacarpalia dem Metacarpale II, III und IV der pentadactylen Grundform homolog sein sollten, verworfen hat.

Es ist deshalb schwer zu verstehen, warum Wiedersheim in der letzten Auflage seines „Lehrbuches der vergleichenden Anatomie" auf die Owen'sche Auffassung zurückkommt, während doch nichts näher liegt, als die drei Metacarpalia als I, II und III zu bezeichnen. Wir brauchen nur einen Blick auf den Urvogel Archaeopteryx zu werfen, um uns davon zu überzeugen. Und nicht allein Archaeopteryx bestimmt mich, der Nomenclatur I, II und III für die Metacarpalia mich anzuschließen, auch die Fingerverhältnisse der Sauropsiden geben einen schlagenden Beweis für diese Annahme. Machen doch Ontogenie und Palaeontologie es mehr als wahrscheinlich, daß der Vogelflügel von der vorderen Extremität primitiver Reptilien abzuleiten ist. Immer wiederholt sich dort die Erscheinung, daß der erste Finger sowohl der vorderen wie auch der hinteren Extremität 2 Phalangen hat, der zweite Finger 3, der dritte Finger 4. Und wie wir es bei diesen Reptilien finden, so ist es auch bei Archaeopteryx, so ist es auch bei den Embryonen recenter Vögel. Allerdings haben sich die beiden ulnaren Finger der ursprünglich pentadactylen Reptilienhand beim Vogel so zurückgebildet, daß sie ontogenetisch nur zum kleinsten Teil und nur ganz undeutlich repetiert werden. An der so entstandenen tridactylen Hand verfällt auch weiterhin der dritte Finger einer mehr oder weniger fortschreitenden peripheren Reduktion. Bei Archaeopteryx ist dies letztere noch nicht der Fall. Hier haben wir noch 2 Phalangen am ersten Finger, 3 am zweiten, 4 am dritten; und dem analog zeigen die recenten Vögel in den ersten Stadien ihres Embryonallebens am ersten Finger stets 2 und am zweiten Finger 3 Phalangen, während die Phalangenzahl des dritten Fingers auf 2 oder 1 reduziert ist. Aber gerade die gleiche und wiederkehrende Phalangenanzahl am I. und II. Finger beweist zur Genüge, daß diese Finger nichts anderes als der I. und II. sein können.

Nun sucht Leighton, der dieselbe Bezeichnung wie Owen und Wiedersheim hat, also II., III. und IV. Finger, zu beweisen, wie diese Zahl durch Reduktion aus der Pentadactyle entstanden ist. Nach dem Gesetz der Fingerreduktion verschwindet dort zuerst der I. und dann der V. Finger, sodaß dann II., III. und IV. übrig bleiben. Diese Erscheinung überträgt Leighton nun auch auf die Vögel, wirft aber damit das ganze Gesetz der stets gleichmäßig wiederkehrenden Phalangenzahl über den Haufen. Denn nach seiner Nomenclatur würde dann der II. Finger nur 2, der III. Finger nur 3 Phalangen aufweisen, sodaß fast gar keine Übereinstimmung mit der praehistorischen Archaeopteryx und den Reptilien mehr vorhanden wäre.

Was nun erst das System von Tschan anbetrifft, so ist dies ganz zu verwerfen. Er bezeichnet die drei Finger als I., II. und IV, indem er sich auf Untersuchungen von Parker stützt, der ein kleines Knochenstückchen bei einer Muscicapa gefunden hat, das zwischen dem zweiten und dritten Finger lag. Dieses Knochenstückchen, sagt Tschan, ist der Rest des dritten Fingers. Ein derartig anomaler Typus der Reduktion, der das Verschwinden von einem Finger in der Mitte der Hand vermuten ließe, ist, wie Gegenbaur nachgewiesen hat, ganz unwahrscheinlich und dürfte genügen, diese Ansicht völlig zu widerlegen. Nach all dem muß es ohne Zweifel sein, daß die Bezeichnung der drei Finger an der Vogelhand als I., II. und III. die einzig klare und richtige ist.

Gehen wir nun zum Carpus über. Bevor ich jedoch meine eigenen Untersuchungen an den Embryonalstadien ausführe, will ich eine kurze Übersicht über die Forschungen meiner Vorgänger geben. Über die Bedeutung der beiden Carpalia wurde vielfach gestritten, da dieselben durch Vereinigung einer ursprünglich größeren Anzahl von Carpalelementen entstanden sei mußten. Auch glaubte man nicht an ein Fehlen der Anlage der distalen Carpalreihe, sondern an eine Verschmelzung derselben mit den Metacarpalia. Schon Cuvier sprach diese Ansicht aus, ging aber zu weit, indem er eine Verschmelzung aller fünf Carpalia mit dem Metacarpus annahm.

Gegenbaur (8) fand bei der Untersuchung des Carpus der Vögel, daß schon zur Zeit der ersten Differenzierung des Knorpelskeletts nur 2 getrennte Stücke, welche er dem Radiale und Ulnare für homolog erachtete, vorhanden seien und daß an diesen Anlagen keine Spur von Verschmelzung erkennbar sei. Diese Ansicht wurde durch die 1873 erschienene Arbeit von A. Rosenberg (28) corrigiert, welche eine Zusammenstellung der über den Carpus und Metacarpus der Vögel verbreiteten Ansichten enthält. Nach seinen am Hühnerembryo angestellten Untersuchungen sind von der distalen Carpalreihe des primitiven Handskeletts noch zwei getrennte Stücke vorhanden, von denen das eine später mit den Basalflächen des Metacarpale I und II, das andere mit denen das Metacarpale III und IV verschmilzt, welche daher als Carpale 1 + 2 einerseits und

als Carpale 3 + 4 andererseits zu deuten seien. Die beiden Stücke des ausgebildeten Vogelcarpus hält Rosenberg für das Ulnare und Radiale, von denen das Ulnare noch mit dem Intermedium verschmolzen sei und daher ein Intermedio-ulnare darstelle. Auch wird von ihm in manchen Fällen ein Centrale nachgewiesen, welches zwischen Radiale und Intermedio-ulnare gelegen sei. Am Metacarpus fand Rosenberg neben dem Metacarpale III noch die transitorische Existenz eines kleinen Metacarpale IV, welches, mit dem Metacarpale III verschmelzend, der Reduktion verfällt und allmählich vollständig verschwindet.

Morse (21) stellte fest, deß am Aufbau des Carpus mindestens vier Knorpelstücke teilnehmen, von denen zwei in der proximalen und zwei in der distalen Reihe liegen. Von den beiden letzteren sieht er das radialwärts gelegene, welches mit dem Metacarpale III (nach der Owen'schen Zählung) verwächst, entweder für das verschmolzene Intermedium und Centrale oder für das Carpale distale 3 an. Das auf der ulnaren Seite gelegene Stück, welches mit dem Metacarpale IV (III) verwächst, bezeichnet er als Carpale 4. Bei einigen Vögeln fand Morse im Carpus noch einen fünften Knorpel, den er bei Dendroeca aestiva neben dem Radiale abbildet und als ein Intermedium auffaßt. Mit der Angabe eines freien Intermedium im Vogelcarpus steht er jedoch bis heute allein. Bei Tyranus Carolinensis fand Morse einen kleinen Knorpel neben dem Ulnare, zwischen Radius, Ulna und Radiale gelegen, den er als Centrale bezeichnete. Am Metacarpus wurden von ihm nur drei Metacarpalia beschrieben.

Nach Parker (25) verschmelzen drei Carpalia mit dem Metacarpus, indem ein keilförmiger Knorpelfortsatz, welchen das Carpale 1 + 2 unter das zugehörige Metacarpale schiebt, ein besonderes Carpale darstellt. Die beiden Knorpelstücke der proximalen Reihe, die er beide als doppelte Anlagen gefunden hat, faßt er als Intermedio-Radiale und Centralo-Ulnare auf. Am Metacarpus fand Parker noch ein Metacarpale IV in Gestalt eines kleinen Knorpels an der ulnaren Seite des Metacarpale III.

Studer (30) gibt für Eudyptes chrysocome in der proximalen Reihe ein Radiale und ein Ulnare an. In der distalen Reihe fand er ein großes Knorpelstück, welches distal an das Metacarpale I und II angrenzt und sich mit einem schmalen Fortsatz bis auf die ulnare Seite zieht. Dieser Knorpel, welchen Studer dem Carpale 1 + 2 Rosenbergs für gleich erachtet, schiebt noch einen Fortsatz zwischen Ulna und Radius ein, der ein Äquivalent für das Intermedium sein könnte. Ein zweiter Knorpel der distalen Reihe, der sich zwischen Metacarpale III und den vorigen einschiebt, also weiter distalwärts als dieser liegt, entspricht dem Carpale 3 + 4. Von Metacarpalia fand Studer drei getrennte Stücke.

Nachdem ich so die Ansichten über die Entwicklung des Carpus und Metacarpus der Vögel im allgemeinen dargelegt habe, will ich

mich nun zur Entwicklung dieses Flügelabschnittes beim Vanellus cristatus wenden. Mit keinem der erwähnten stimmt mein Befund gänzlich überein. Meine Untersuchungen ergaben, daß sich im Carpus eines Flügels vom achten Tage vier, und vom neunten Tage fünf getrennte Carpalelemente aus der gemeinschaftlichen Blastemmasse herausgebildet haben, welche am sechsten Tage dem Carpus entspricht (cf. Fig. 13—18). Von diesen fünf Carpalelementen bilden zwei eine proximale und drei eine distale Reihe. Der Metacarpus setzt sich auf drei ursprünglich getrennten Stücken zusammen. Es wird nunmehr erforderlich sein, auf diese Verhältnisse näher ein zugehen und die einzelnen Teile zu homologisieren.

Über die Deutung der beiden, die proximale Carpusreihe bildenden Knorpel kann kein Zweifel bestehen, denn der unter dem Radius liegende ziemlich große, mit einem Fortsatz versehene Knorpel kann nichts anderes als das Radiale sein. Dem entsprechend liegt auf der ulnaren Seite, dicht unter der Ulna ein kleinerer ellipsoider Knorpel, das Ulnare. Das Radiale fand ich in allen Stadien als eine einheitliche Anlage ohne irgend welche Andeutung von Zweiteilung. Es ist ein im ganzen viereckiger Knorpel, der einen ziemlich langen und bedeutenden Fortsatz von der ulnaren Ecke aus bis in die Mitte des Carpus aussendet. Dieser Fortsatz dürfte vielleicht als Äquivalent für das fehlende Intermedium anzusehen sein. Während der Entwicklung zeigt das Radiale nur wenig Formveränderung. Die proximale concave Fläche grenzt, wie im ausgebildetem Zustande, an das untere Ende des Radius, die distale Fläche reicht an den radialwärts gelegenen Knorpel der zweiten Carpalreihe heran. Das Radiale ist in den jüngeren untersuchten Stadien relativ klein, in späteren Stadien ragt es schon etwas über den ulnaren Rand des Radius hinaus, während es ja beim ausgewachsenen Vanellus eine direkte Fortsetzung des Radius bildet, mit dem es verwachsen ist. — Das zweite Stück der proximalen Carpalreihe, das Ulnare, läßt, wie schon oben erwähnt, eine ellipsoide Form erkennen. An Größe ist es bedeutend kleiner als das Radiale. Es grenzt proximal an die Ulna, distal an den ulnarwärts gelegenen Knorpel der zweiten Carpalreihe und ragt nach außen nur wenig über das Niveau dieser Knochen hervor. Dieser Knorpel hat mit dem Carpale ulnare, wie es beim ausgewachsenen Kiebitz erscheint, noch gar keine Ähnlichkeit; denn dort hat das Ulnare ungefähr die Form eines Dreiecks, dessen basale Ecken zipfelförmig ausgezogen sind.

Wie ich bereits erwähnt habe, fand ich am Carpus eine distale Reihe, die sich aus drei deutlich von einander getrennten Knorpelstücken zusammensetzt. Die Deutung dieser drei Stücke läßt gewisse Schwierigkeiten aufkommen. Zwar fand Parker auch drei getrennte Carpalelemente der distalen Reihe, doch sind sie nach meinem Befund nicht identisch mit denen, die er beschrieben hat.

Auf der radialen Seite liegt ein langes, am proximalen Ende convexes, am distalen concaves Knorpelstück, das sich an das Metacarpale I und II ansetzt. Obwohl die Basis des Metacarpale I nicht in ihrer ganzen Ausdehnung von diesem Knorpel erreicht wird, so muß er doch den zu einem Knorpel verschmolzenen Carpale 1 und Carpale 2 entsprechen. Das zweite rundliche Carpalstück der distalen Reihe liegt in gleicher Höhe etwas radialwärts vom Metacarpus III und dürfte als Carpale 3 anzusehen sein. Was nun das übrigbleibende dritte Stück anbetrifft, das etwas ulnarwärts von Metacarpale III und in gleicher Höhe mit dem Carpale 3 liegt, so möchte ich es nicht als ein reduziertes Metacarpale IV bezeichnen, vielmehr als ein Carpale 4. Denn da nach dem Gesetz der Fingerreduktion stets die Endglieder zuerst schwinden, so dürfte es wohl wahrscheinlich sein, daß wir es hier eher mit einem Carpalknochen zu tun haben als mit einem rudimentären Metacarpale IV, dem das zugehörige Carpale fehlt. Ich will nun diese drei Carpalelemente in ihrer Entwicklung und in ihrem Verhalten zu den umgebenden Knochen getrennt verfolgen.

Beim neuntägigen Embryo stellt das Carpale 1 + 2 eine dünne leicht gebogene Scheibe dar, deren distaler concaver Rand, wie wir schon gesehen haben, dem Metacarpale I und II zugekehrt und von diesem durch einen schmalen Spalt getrennt ist (Fig. 16—18). Der proximale, etwas convexe Rand grenzt an das Radiale. Die ulnare, verbreiterte Seite grenzt an das Carpale 3 und ist nur durch einen schmalen Spalt von diesem getrennt. Beim zwölftägigen Embryo beginnt die Verschmelzung des Carpale 1 + 2 mit den bereits vereinigten Carpalia 3 + 4 (cf. pag. 18). Auch ist die distale Fläche dem Metacarpale II sehr nahe gerückt. Beim dreizehntägigen Embryo ist dann die Verschmelzung des Carpale 1 + 2 mit dem Carpale 3 + 4 eine vollkommene, sodaß jetzt Carpale 1 + 2, Carpale 3 und Carpale 4 eine einheitliche Knorpelmasse bilden. Desgleichen ist auch die Verwachsung mit dem Metacarpale I erfolgt, welche jedoch nur an der dem Metacarpale II zugekehrten Seite stattfindet, während die Basis des Metacarpale I frei bleibt. Die Verwachsung mit dem Metacarpale II erfolgt in etwas späteren Stadien. — Das Carpale 3 hat beim achttägigen Embryo eine ellipsoide Gestalt und ist ungefähr $^1/_2$ so groß als das Carpale 1 + 2. Dies Verhältnis ändert sich jedoch bald; denn beim neuntägigen Embryo ist es schon bald nur $^1/_4$ so groß als Carpale 1 + 2. Distalwärts reicht es etwas tiefer hinab als das letztere und liegt neben dem proximalen Ende des Metacarpale II, von dem es durch einen breiten Spalt geschieden ist. Radialwärts ist es von Carpale 1 + 2 durch eine schmale Furche getrennt. Ulnarwärts von Carpale 3 liegt dann das dritte Carpalstück, das Carpale 4. Auch dieses hat ellipsoide Gestalt und ist ein wenig kleiner als Carpale 3. Es stößt fast an das proximale Ende des

Metacarpale III an und erscheint um ein weniges nach außen gedrängt, sodaß es nicht mehr in gleichem Niveau mit Ulnare und Metacarpale III liegt. Bevor eine Verschmelzung von Carpale 1 + 2 mit Carpale 3 stattfindet, vereinigen sich Carpale 3 und Carpale 4 zu einem einheitlichen Stück. Der Umstand, daß dieses Knorpelstück nicht unterhalb, sondern neben Carpale 3 liegt und daß es mit ihm verschmilzt, ist für mich der Beweis, daß wir es hier unbedingt mit einem Carpale 4 und nicht etwa mit einem rudimentären Metacarpale IV zu tun haben, welches Rosenberg und andere Autoren gefunden haben.

Den Metacarpus will ich in aller Kürze behandeln, da ich bei seiner Untersuchung keine wesentlichen Abweichungen von dem anderer Vogelembryonen gefunden habe. In den frühesten Stadien konnte ich schon eine Zusammensetzung aus drei gesonderten Stücken feststellen. Das Metacarpale I ist beim neuntägigen Embryo ein vollkommen isoliertes Knorpelstück, das etwa halb so lang ist als das Metacarpale II. Es besitzt eine längliche, kegelförmige Gestalt und ist auf Querschnitten fast kreisrund. Das Metacarpale I reicht weiter proximalwärts als das Metacarpale II, seine Basis liegt daher mehr dem Radiale als dem Carpale 1 + 2 gegenüber. In den folgenden Stadien verändert es sich nur wenig, rückt aber an das Carpale 1 + 2 näher heran, während die Annäherung an das Metacarpale II langsamer erfolgt. Die Verwachsung dieser beiden Metacarpalia vollzieht sich erst sehr spät; denn sogar noch beim erwachsenen Kiebitz sind Spuren der embryonalen Trennung in Gestalt einer Furche auf der Innen- und Außenfläche des Metacarpus wahrzunehmen. Auch ist an dem proximalen Ende des ausgebildeten Metacarpus die schmale Basis des Metacarpale I von dem breiten, durch die Carpalia distalia gebildeten Teile noch deutlich abgesetzt.

Die Metacarpalia II und III sind in den jüngeren Stadien als zwei isolierte Knorpelstücke von fast rundem Querschnitt vorhanden. Das Metacarpale III liegt etwas weiter distalwärts als das Metacarpale II. Beide divergieren in ihrer Richtung stark mit einander. In späteren Stadien jedoch, in denen die Verwachsung der proximalen Enden mit dem Carpale 1 + 2 und dem Carpale 3 + 4 beginnt, nähern sich Metacarpale II und III am proximalen, besonders aber am distalen Ende, bis sie schließlich parallel miteinander verlaufen. Dann erst wird ihre Verschmelzung am proximalen Ende eingeleitet. Die embryonale Trennung ist noch am distalen Ende des ausgewachsenen Metacarpus auf der Außenseite leicht angedeutet.

Gehen wir nun zu den Phalangen über, so ist zu bemerken, daß sie in der Zahl von 2 am ersten, 3 am zweiten und 1 am dritten Finger angelegt werden. Es ist eine bekannte Tatsache, daß im allgemeinen die Vogelhand embryonal mehr Phalangenglieder

besitzt als im ausgebildeten Zustande. Dies Verhalten konnte ich auch beim Vanellus feststellen. In den jüngeren Stadien fand ich zwar nur die Phalangenzahl vor, wie wir sie beim ausgewachsenen Kiebitz haben, am zwölften Tage jedoch treten zwei ziemlich kräftige, krallenartige Gebilde am Ende des ersten und zweiten Fingers auf. Während das Krallenglied des zweiten Fingers am nächsten Tage schon wieder verschwindet, bleibt die Daumenkralle noch im ganzen embryonalen Leben erhalten. Noch an dem letzten mir zur Verfügung stehenden Stadium, am viertägigen Nestjungen, konnte ich ihre Existenz feststellen, während am ausgewachsenen Kiebitz keine Spur mehr davon zu finden war. Die Form der Phalangen erfährt im Laufe der Entwicklung eine Änderung, da dieselben in jüngeren Stadien, wie alle Knochen des Flügels, einen runden Querschnitt aufweisen und sich erst im Laufe der weiteren Entwicklung abplatten. Ihre Verknöcherung erfolgt etwas später als die der Metacarpalia, und zwar beginnt sie an der ersten Phalanx des zweiten Fingers.

Es bleibt mir jetzt noch übrig, einige Worte über den Humerus, Radius und die Ulna hinzuzufügen. Über die Entwicklung des Humerus ist nur wenig zu sagen, da dieser aus einer einheitlichen knorpeligen Anlage hervorgeht. Es ist in den jüngsten Stadien ein einfacher Knorpelstreifen, der von dem primitiven Schultergürtel ausgeht. Weder an seinem proximalen, noch an seinem distalen Ende ist er deutlich abgegrenzt. An das distale Ende stoßen zwei unter sich gleich starke, gegenüber dem Humerus schwächere und kürzere Streifen, die in der Mitte ein wenig auseinander weichen. Diese zwei Knorpelstreifen sind die Anlagen für den Radius und die Ulna. Die Ulna herrscht an Dicke stark über den Radius vor und ist auch etwas länger als dieser; in ihrer Form jedoch ist sie anfangs dem Radius sehr ähnlich.

Die Längenverhältnisse der einzelnen Skeletteile des Flügels, wie ich sie beim ausgewachsenen Kiebitz finde, sind während der Embryonalentwicklung nicht immer dieselben, wenn sie auch nur geringe Schwankungen aufweisen. Bei einer ganzen Reihe von Entwicklungsstadien habe ich die nötigen Messungen vorgenommen und das Verhältnis zwischen Oberarm, Unteram und Hand berechnet, indem ich die Länge des Humerus = 1 setzte. Als Länge des Unterarmes nehme ich diejenige der Ulna und messe die Hand vom Ulnare an, letzteres eingeschlossen. Trotz der nur geringen Differenzen will ich die gefundenen Verhältnisse zwischen Humerus, Ulna und Manus in der folgenden Tabelle zusammenzustellen, um ein Gegenstück zu bringen für die im nächsten Abschnitt angeführte Tabelle über die Entwicklung der hinteren Extremität.

Länge des Humerus in cm	Alter der verschied. Entwickl.-Stadien	Verhältnis von Humerus : Ulna : Manus
0,20	8 tägiger Embryo	1 : 1,00 : 0,75
0,35	9 „ „	1 : 0,86 : 0,57
0,45	10 „ „	1 : 0,78 : 0,66
0,55	11 „ „	1 : 1,00 : 0,64
0,75	12 „ „	1 : 1,00 : 0,80
0,95	13 „ „	1 : 0,89 : 0,79
0,95	14 „ „	1 : 1,00 : 0,89
1,15	15 „ „	1 : 0,91 : 0,95
1,20	16 „ „	1 : 1,04 : 0,96
1,25	17 „ „	1 : 1,00 : 0,96
1,35	18 „ „	1 : 1,00 : 0,88
1,45	20 „ „	1 : 0,93 : 0,86
1,50	23 „ „	1 : 0,97 : 1,00
1,65	Eben ausgeschlüpft. Junges	1 : 1,03 : 0,90
1,75	4 Tage nach d. Ausschlüpf.	1 : 0,91 : 1,03
6,30	Ausgewachs. Kiebitz	1 : 1,16 : 1,07

Die Entwicklung der hinteren Extremität.

Die ersten Anfänge der hinteren Extremität sind denjenigen der vorderen sehr ähnlich, bis durch den Ellenbogen resp. die Kniebeuge ein wesentlicher Unterschied geschaffen wird. Die Skelettanlage des Fußes differiert nur wenig von der des Flügels.

Untersucht man die hintere Extremität am Ende des siebenten Tages, so findet man in dem weichem Gewebe schon die Knorpelanlagen der Hauptabteilungen des Fußskeletts. Ein kurzer, am oberen Ende abgerundeter, am unteren Ende etwas verbreiteter Knorpelstreif stellt das Femur dar; an sein distales Ende stoßen die zwei der Tibia und Fibula entsprechenden Knorpelstücke. Die erstere ist am unteren wie am oberen Ende etwas verbreitert. Durch einen ansehnlichen Zwischenraum davon getrennt, liegt an der Außenseite der Tibia die schwachgekrümmte Fibula. Tibia und Fibula sind ungefähr noch von gleicher Stärke. Diese Gleichheit verliert sich jedoch in den nächsten Tagen, indem auffallenderweise die Fibula bedeutend dicker wird als die Tibia. Dies Verhältnis ist um so merkwürdiger, als die Untersuchung der Hinterextremität eines erwachsenen Kiebitz ergab, daß dort die Fibula gänzlich mit der Tibia verschmolzen war und sich von letzterer als äußerst zarte Knochengräte nur noch in den proximalen zwei Fünfteln der Gesamtlänge des Unterschenkels differenzieren ließ. Am augenscheinlichsten ist das Überwiegen der Fibula über die Tibia am neunten Embryonaltage ausgeprägt. An ihren distalen Enden zeigt sich als Anlage des Tarsus eine querliegende Gewebsmasse, die in ihren äußeren Abschnitten nicht undeutlich Knorpel erkennen läßt,

der jedoch in seiner Circumferenz in ganz indifferentes Gewebe übergeht. Aus ihr strahlen drei Knorpelstreifen aus, die ersten Anfänge der Metatarsen. Diese laufen in divergenter Richtung ganz allmählich in die Fußplatte aus, ohne Phalangen erkennen zu lassen. — Am nächsten Tage ist außer den drei Metatarsalia noch ein viertes sichtbar, das als Metatarsale I anzusehen ist, während die übrigen drei den Metatarsalia II—IV entsprechen. Sämtliche vier Metatarsalia liegen zunächst noch in gleicher Ebene, während am zwölften Tage das Metatarsale I nach hinten rückt. Am Ende eines jeden Metatarsalknorpels ist eine dunklere, dichtere Zellenmasse bemerkbar, die Anlage für die Phalangen. In der Folge tritt mit dem Längerwerden des Femur und der beiden Unterschenkelknochen der Tarsus und Metatarsus deutlicher hervor. Vor den Enden der drei Metatarsalien, von denen das mittlere das längste ist, hat sich aus der Anlage der Phalangen das erste Glied gebildet, am frühesten an der mittleren Zehe, am spätesten an der hinteren.

Am achten Tage konnte ich in der Blastemmasse, welche das Material für den Tarsus liefert, fünf getrennte Knorpelkerne wahrnehmen. Von diesen gehören zwei der proximalen Reihe an und entsprechen dem Tibiale und Fibulare, während die drei übrigen die distale Reihe bilden und an den Basen der Metacarpalia II, III und IV liegen. Einen weiteren gesonderten Knorpelkern für Metatarsale I konnte ich nie nachweisen. Mit dem zehnten bis elften Bruttage trennt sich die Tarsalplatte einerseits von Tibia und Fibula ab, andererseits von den Metatarsen. Außerdem zerfällt sie durch eine quere Furche in zwei übereinander liegende Platten, von denen die proximale die dickere ist, die distale die dünnere. Diese beiden Tarsalplatten verlieren in den nächsten Tagen ihre Selbständigkeit bald wieder und verschmelzen nach und nach mit den ihnen zunächst gelegenen Teilen des Fußskeletts, die obere mit der Tibia und Fibula, die untere mit dem Metatarsus. Während nach Gegenbaur die Verschmelzung des proximalen Stückes mit der Tibia + Fibula früher eintritt als die des distalen Stückes mit den Metatarsalia, stimme ich mit meinem Befund mit Rosenberg überein, daß also zuerst die distale Platte mit dem Metatarsus verschmilzt. Diese Verschmelzung beginnt am dreizehnten Tage und zwar verwächst die distale Platte zuerst mit Metatarsale II, indem sie sich in dünner Schicht über dasselbe hinüber legt. Die Verschmelzung ist am inneren Tarsalrand schon perfekt, wenn man auf der Seite gegen das Metatarsale III zu noch deutlich die Grenzlinie erkennen kann. Mit dem Metatarsalia III und IV ist die Verschmelzung noch weniger weit gediehen. Was die proximale Platte betrifft, so ist sie erst am sechzehnten bis siebenzehnten Tage mit den distalen Enden der Tibia und Fibula vereinigt.

Die Metatarsen, welche am achten Tage noch stark divergieren, nähern sich gegenseitig mehr und mehr, je weiter die Verschmelzung mit der distalen Tarsalplatte fortschreitet. Während Metatarsale I im Laufe des zwölften Tages sich nach hinten richtet, liegen die

übrigen drei Metarsalia noch bei beginnender Verknöcherung in einer und derselben Ebene. Die beiden seitlichen Metatarsalia II und IV bewahren dies Verhalten, während das mittlere Metatarsale III mit seinem oberen Ende allmählich hinter die beiden seitlichen gerät und mit seinem unteren Ende vor dieselben. Durch diese Lageveränderung werden eigentümliche Sculpturverhältnisse im Tarso-Metatarsusknochen hervorgebracht, da das untere, die mittlere Gelenkrolle tragende Ende des Metatarsale III etwas über die Vorderfläche der beiden seitlichen (Metatarsale II und IV) sicht erhebt, so wird die Vorderfläche des unteren Abschnittes des Laufknochens stärker gewölbt und es ergibt sich zugleich die Bildung von zwei gegen die Mitte hin flach auslaufenden seichten Furchen. Da das mittlere Metatarsale am oberen Ende zurücktritt, so findet sich an der Vorderfläche eine entsprechende mittlere Vertiefung, die sich nach oben zu weiter einsenkt. Das umgekehrte Verhältnis, nämlich zwei obere schwache Seitenfurchen und eine untere, mittlere, stärkere Furche trifft sich für die hintere Fläche. Beim eintägigen Nestjungen ist diese Lageveränderung und die dadurch hervorgehende Änderung des Reliefs am deutlichsten wahrzunehmen.

Während die drei längeren Metatarsalia (II, III und IV) sowohl durch ihre Verbindung, wie durch ihre Lagenveränderungen sich von dem ursprünglichem Zustande immer weiter entfernen, haben auch für das Metatarsale I Veränderungen stattgefunden, die jedoch zum großen Teil darin bestehen, daß es mit den anderen nicht gleichen Schritt hält. Mit dem Längewachstum des übrigen Metatarsus wird es immer weiter nach abwärts vom Tarsus entfernt und richtet sich zugleich durch die Entwicklung einer queren Gelenkrolle immer weiter nach hinten, wodurch die ganze Innenseite ihre eigentümliche Stellung und Richtung empfängt. — Ein transitorisch auftretendes Metatarsale V konnte ich in keinem Stadium finden.

Über die Zehen ist nur kurz zu bemerken, daß am achten Tage die ersten Anzeichen der Phalangen als kuppenförmige Vorwölbungen dichteren Gewebes vor den Metatarsen auftreten und zwar zuerst an der mittleren Zehe, am spätesten an der hinteren. Am zwölften Bruttage konnte ich schon die normale Phalangenzahl konstatieren, so wie wir sie beim ausgewachsenen Kiebitz vorfinden, nämlich: 2 Phalangen an der ersten, 3 an der zweiten, 4 an der dritten und 5 an der vierten Zehe.

Am Ende dieses Kapitels will ich jetzt ähnlich wie im vorhergehenden einige Maßangaben über die Längen- und Wachstumsverhältnisse der hinteren Extremität folgen lassen. Während ich jedoch in Abschnitt III meiner Arbeit nur die einzelnen Skelettelemente der vorderen Extremität zu einander in Verhältnis gezogen habe, will ich jetzt folgende zwei Vergleiche aufstellen:

1. Verhältnis der einzelnen Skelettelemente der hinteren Extremität zu einander hinsichtlich ihrer Längenentwicklung.

2. Verhältnis der Gesamtlänge der hinteren Extremität zu derjenigen der vorderen.

Auch hier wieder dürften Tabellen, die ich aufstellen werde, am übersichtlichsten sein:

Länge des Femur in cm	Alter der verschied. Entwickl.-Stad.	Verhältnis von Femur : Tibia : Metatars. : Pes.
0,70	14 tägiger Embryo	1 : 1,43 : 1,21 : 1,07
0,85	15 „ „	1 : 1,65 : 1,40 : 1,12
0,85	16 „ „	1 : 1,88 : 1,47 : 1,17
1,05	17 „ „	1 : 1,90 : 1,52 : 1,24
1,15	18 „ „	1 : 2,17 : 1,65 : 1,35
1,20	20 „ „	1 : 2,30 : 1,65 : 1,35
1,40	23 „ „	1 : 2,07 : 1,64 : 1,36
1,70	Eben ausgeschl. Junges . . .	1 : 2,12 : 1,50 : 1,31
1,90	4 Tage nach d. Ausschlüpf.	1 : 1,92 : 1,40 : 1,31
3,75	Erwachsen. Kiebitz	1 : 1,78 : 1,33 : 0,90

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß die Längen- und Wachstumsverhältnisse der einzelnen Skeletteile regelmäßige sind und nur wenig abweichen von den Maßen, die ich beim erwachsenen Kiebitz gefunden habe. Auch kann ich eine sehr verschiedene Wachstumsgeschwindigkeit der einzelnen Knochen nicht konstatieren. Ein auffallenderes Resultat wird die folgende Tabelle ergeben, in der ich, wie ich in Punkt 2 angegeben haben, die Gesamtlänge der vorderen Extremität zu derjenigen der hinteren in Verhältnis setzen will.

Länge des Embryo in cm	Alter der versch. Entwickl.-Stad.	Verhältnis von vord. Extr. : Hint. Ext = 1 : ?
2,35	4 tägiger Embryo	0,15 : 0,15 = 1 : 1
2,65	5 „ „	0,20 : 0,20 = 1 : 1
3,60	6 „ „	0,30 : 0,30 = 1 : 1
3,90	7 „ „	0,40 : 0,40 = 1 : 1
4,60	8 „ „	0,55 : 0,60 = 1 : 1,1
4,90	9 „ „	0,85 : 0,90 = 1 : 1,1
5,40	10 „ „	1,10 : 1,10 = 1 : 1
5,60	11 „ „	1,45 : 1,45 = 1 : 1
6,30	12 „ „	2,10 : 2,25 = 1 : 1,1
7,40	13 „ „	2,55 : 2,60 = 1 : 1,1
8,00	14 „ „	2,75 : 3,30 = 1 : 1,2
9,30	15 „ „	3,30 : 4,40 = 1 : 1,33
9,60	16 „ „	3,60 : 4,70 = 1 : 1,30
10,50	17 „ „	3,70 : 5,95 = 1 : 1,60
11,00	18 „ „	3,90 : 7,10 = 1 : 1,82
11,00	20 „ „	4,05 : 7,25 = 1 : 1,79
11,70	23 „ „	4,45 : 8,50 = 1 : 1,93
11,85	Eben ausgeschl. Junges . . .	4,85 : 10,05 = 1 : 2,08
12,50	4 Tage nach d. Ausschl. . .	5,15 : 10,70 = 1 : 2,07
25,00	Erwachs. Kiebitz	21,35 : 18,45 = 1 : 0,86

Aus dieser Tabelle ist klar ersichtlich, daß das im erwachsenen Zustande vorhandene Verhältnis absolut nicht während des ganzen Embryonallebens besteht. Bis zum elften Bruttage etwa sind vordere und hintere Extremität an Länge einander gleich, doch von diesem Stadium an nimmt die letztere, ständig und rasch wachsend, gegenüber der Vorderextremität bedeutend an Länge zu, bis sie beim eben ausgeschlüpften Jungen ihren Höhepunkt erreicht. Werfen wir einen Blick auf vorstehende Tabelle, so sehen wir, daß sich in diesem Stadium die vordere Extremität zur hinteren verhält wie 1 : 2,08, während wir beim ausgewachsenen Kiebitz das Verhältnis 1 : 0,86 finden. Um die letzten Zahlen in Worte zu kleiden, so haben wir beim jungen Vogel die hintere Extremität über zweimal so groß als die vordere, während sie beim ausgewachsenen Kiebitz nicht einmal ebenso groß ist als die vordere.

Die Entwicklung des Schnabels.

So bedeutend im ausgebildeten Zustande die Unterschiede des Körpers, besonders in der Kopfgestaltung der verschiedenen Wirbeltiere sind, so sind die ersten Vorstufen der Entwicklung doch überaus wenig von einander verschieden. Mag der Kopf einem Fisch, Vogel oder Säugetier angehören, stets zeigt er anfangs eine ziemlich gleiche Grundform. An diesem Kopfe eines viertägigen Kiebitzembryos konnte ich, wie ich in einem der vorhergehenden Kapitel schon erwähnt habe, vier Kiemenspalten mit den fünf dazu gehörigen Kiemenbögen wahrnehmen. Bekanntlich ist der erste dieser Visceralbögen der primitivste Anfang des späteren Vogelschnabels. Dieser Bogen besteht aus dem Oberkieferfortsatz und dem Unterkieferfortsatz. Zwischen diesen beiden Fortsätzen, die paarig auftreten und zu denen sich noch der Stirnfortsatz gesellt, liegt die Mundhöhle. Diese stellt eine tiefe Grube dar, deren unterer Rand ausschließlich von den beiden Unterkieferfortsätzen gebildet wird. An den Seiten der Mundhöhle liegen die Oberkieferfortsätze und zwischen ihnen der unpaare Stirnfortsatz.

In einem weiteren Stadium dehnen sich die äußeren Zipfel des Stirnfortsatzes auf beiden Seiten nach auswärts aus, sodaß der Rand des Fortsatzes zweilappig erscheint. Diese vorragenden Teile des Stirnfortsatzes bilden beiderseits den inneren Rand der rasch sich vertiefenden Nasengruben. Der Außenrand jener Nasengrube erhebt sich zu einem Wall, der nach abwärts zum Oberkieferfortsatz geht, von dem er jedoch durch eine flache Furche getrennt ist. Am sechsten Tage verwachsen die beiden Zipfel des Stirnfortsatzes auf jeder Seite mit dem Oberkieferfortsatz. So verwandeln sich die beiden Nasenspalten in einen geschlossenen Kanal, der von der oben gelegenen Nasengrube nach unten in die Mundhöhle führt und beide in direkte Communication bringt. Dieser Kanal ist die Anlage des Nasenlabyrinths.

Am achten Tage vervollständigt sich nicht blos die Verbindung des Oberkiefer- und des Stirnfortsatzes und die Bildung des unteren Mundrandes, sondern die betreffenden Teile wachsen auch stark nach vorn, sodaß sich der Mund vertieft und eine Art von Schnabel entsteht. Dieser hat jedoch noch keineswegs seine zukünftige Gestalt erreicht, zeigt vielmehr im Verhältnis zur Länge eine außerordentliche Breite (cf. Fig. 4). Anfänglich ist der Mund eine einfache Höhle, in die sich die Nasengänge direkt öffnen. Sobald aber die verschiedenen Fortsätze zur Bildung der oberen Mundwand miteinander verwachsen, tritt von jedem Oberkieferfortsatz ein seitlicher Auswuchs nach innen. Diese Auswüchse flachen sich ab und bilden horizontale Platten, die immer weiter nach innen gegen die Mittellinie vordringen. Hier erreichen sie sich schließlich und stellen bei ihrer Verwachsung, welche vorn beginnt und nach hinten vorschreitet, eine Scheidewand her, welche die Mundhöhle horizontal durchsetzt und sie in zwei Höhlen scheidet: eine obere und eine untere. Am Vorderteil des Mundes ist die Verwachsung so vollständig, daß hier keine Verbindung zwischen den beiden Höhlen besteht. Hinten dagegen ist die Verschmelzung nicht vollkommen und beide Abschnitte der Mundhöhle communizieren daher im Hintergrunde des Mundes. Die äußere Mundöffnung führt in den unteren Abschnitt, den man daher als eigentlichen Mund bezeichnen kann. In die obere Kammer münden die Nasengänge. Diese obere Kammer oder Nasenkammer wird nachher noch durch eine mediane Scheidewand in 2 Kammern geschieden, welche mit dem hinteren Mundraum durch getrennte Öffnungen communicieren. Die ursprünglichen Öffnungen der Nasengruben bleiben als Nasenlöcher bestehen.

In diesem Stadium ist der Kopf in toto etwas durchscheinend, nur die erste Hornsubstanz, die dem vorderen Teile des Oberkiefers aufliegt, erscheint als eine opake kleine Erhebung. In Wirklichkeit ist diese Erhebung das erste Anzeichen des sogenannten „Eizahns“. Bei älteren Embryonen stellt der Eizahn ein schon deutlich erkennbares Höckerchen dar. Bei mikroskopischer Untersuchung war ersichtlich, daß sich der Eizahn in ähnlicher Weise entwickelt wie das übrige den fertigen Schnabel auskleidende Horn. Ein Unterschied besteht nur darin, daß sich die Zellen des ersteren nicht abplatten, sondern daß sie, wie auch Gardiner erwähnt, senkrecht zur Oberfläche auswachsen. Sie entstehen und verhornen früher als die übrigen Zellen der Hornbildungszone am Schnabel.

Die Knochen des Schnabels entstehen zumeist auf bindegewebiger Grundlage. Knorpelig angelegt sind am embryonalen Schnabel nur das Septum, die Conchae und als hinterstes Ende des Meckel'schen Knorpels das Articulare, von denen die beiden ersteren stets knorpelig bleiben, während das Articulare primär verknöchert. Am frühsten entwickeln sich das paarige Maxillare und Angulare. Ihnen folgen das Praemaxillare, Nasale, Palatinum und Dentale in paariger Anlage, von denen das letztere erst beim ausgewachsenen Vogel zu

einem unpaaren Knochenstück wird. Die beiden Hälften des Praemaxillare vereinigen sich beim sechzehntägigen Embryo zu einem Knochenstück. In diesem Stadium liegen seine Processus nasales, wenn auch noch von einander getrennt, dicht neben einander. Ferner erkennt man seine Processus maxillares und palatini, von denen letztere schon einige Knochenzellen aufweisen. Auch die Fortsätze der Ossa nasalia erscheinen bereits als dünne Knochenbälkchen, deren vorderer Abschnitt sich unter die Processus nasales praemaxillae schiebt. — Betrachten wir im Anschluß daran gleich diese Verhältnisse an dem Schnabel eines zweiundzwanzigtägigen Embryos, so legen sich hier die Processus maxillares des Praemaxillare lateral an das Maxillare an und stellen einen Teil des Schnabelrandes her; die Processus palatini beteiligen sich an der Bildung des Gaumendaches an der Schnabelspitze und legen sich zusammen mit den vordersten Enden der Palatina an die mediane Seite des Maxillare. Das Maxillare, das den seitlichen Schnabelrand und das Mundhöhlendach bilden hilft, schiebt sich keilförmig zwischen Maxillarfortsatz des Praemaxillare einerseits und die Gaumenfortsätze des Praemaxillare und des Palatinum andrerseits. Beim erwachsenen Kiebitz finden wir dann das Praemaxillare als einen festen unpaaren Knochen. Zwar ist es mit den Maxillaria und Nasalia verschmolzen, doch kann man noch Spuren der Verwachsungslinie konstatieren. Die Palatina bleiben, wie bei allen Schizognathen, auch hier durch die Choanen von einander getrennt; nur mit den hintersten Enden stoßen sie zusammen.

Am spätesten entwickeln sich die Opercularia und der Vomer, der zu beiden Seiten des Septum nasale als ein paariges Knochenbälkchen angelegt wird, bald aber zu einem unpaaren Knochen verwächst.

Die Hauptstütze des Unterschnabels bildet der Meckel'sche Knorpel. Dieser Knorpel, der den Rest des ersten Visceralbogens repräsentiert und anfangs nicht bis zu der Spitze des Unterschnabels reicht, verlängert sich noch im Laufe der Entwicklung nach vorn, doch bleiben seine beiden vorderen Enden immer noch durch eine geringe Spur von Bindegewebe getrennt. Dort setzt auch gegen Ende der Embryonalzeit die Atrophie des Knorpels ein, nachdem die beiden Dentalia die Symphyse vollständig ausgefüllt haben. Das hintere Ende, das Articulare verknöchert nach der Verschmelzung mit dem Supraangulare, Angulare und Operculare.

Am Dache der Mundhöhle haben sich zu beiden Seiten der Choanen je drei Reihen stark verhornter, spitziger, nach rückwärts gebogener Papillen herausgebildet, die schon beim vierzehntägigen Embryo in der Anlage vorhanden sind. Am Unterkiefer konnte ich solche Papillen nicht finden, dagegen wieder an der Basis der Zunge, während sie auf dem vorderen Abschnitt derselben fehlten.

Wie ich schon erwähnt habe, wird der embryonale Oberschnabel von mehreren Gängen durchzogen, welche den Querschnitten durch den Schnabel ein ziemlich kompliziertes Aussehen verleihen. Es

sind dies die Nasengänge, die Thränenkanäle und die Ausführungsgänge der Nasendrüsen.

Die Nasengänge, welche nach Kölliker (17.) als zwei grubenförmige Vertiefungen des äußeren Keimblattes entstehen und erst durch Vereinigung des häutigen Stirn-Nasenfortsatzes und der Oberkieferfortsätze zu geschlossenen Gängen umgewandelt werden, sind schon bei jüngeren Embryonen soweit ausgebildet, daß sie durch die Choanen mit der Mundhöhle kommunizieren. In ihrem ganzen Verlauf sind sie durch das Septum nasale vollständig von einander getrennt.

Über die Entwicklung der Thränenkanalanlage und die Ausführungsgänge der Nasendrüsen muß ich hinweg gehen, da ich hier zu keinem bestimmten und befriedigendem Resultat gekommen bin.

Nachdem ich mich über den inneren Aufbau des Schnabels ausgelassen habe, will ich zum Schluß der Arbeit noch einige Worte über die äußere Formveränderung desselben während des Embryonallebens hinzufügen. Während beim achttägigen Embryo der Schnabel erst als ein kleines aus dem Gesicht hervorragendes, durchsichtiges Häckchen erscheint, das leicht nach unten gekrümmt ist, kann man beim zehntägigen Embryo schon die länglich-gestreckte Schnabelform deutlich erkennen. An dem knorpeligen Oberschnabel von 3,5 mm Länge tritt der hornartige Überzug auf, während am Unterkiefer noch keine Spur davon vorhanden ist. Ober- und Unterkiefer sind fast gleich lang; die Nasengruben liegen dorsolateral etwa in der Mitte des Oberschnabels. An der Schnabelspitze ist der Eizahn aufgetreten. — Am zwölften Tage ist der Schnabel nur etwas mehr in die Länge gewachsen, ist aber im großen und ganzen noch dem eben beschriebenen sehr ähnlich. Erst der vierzehnte Tag bringt durch das Auftreten der Wachshaut eine wesentliche Veränderung. Es entwickelt sich an der Schnabelwurzel eine weiche Haut, welche am Rande des Schnabels sich in Form eines Dreiecks, das die Spitze nach vorwärts gerichtet hat, nach vorn zieht und auf der Firste die Nasenöffnungen umgibt. Zwei Drittteile des Schnabels sind nun von dieser weichen Wachshaut überzogen, die in der Medianlinie über der Schnabelfirste eine seichte Einfurchung zeigt. Die Wachshaut verhornt später und bildet eine wulstartige Umgrenzung der Nasenlöcher. Verfolgt man diese Wachsschicht wieder rückwärts nach dem Kopfe hin, so findet man, daß dieselbe allmählich dünner wird und schließlich in einem solchen Grade, daß es unmöglich ist, die Stelle, wo das Horn aufhört und die Haut des Kopfes anfängt, genau zu bestimmen.

Der Oberschnabel, der an der Spitze leicht nach unten gebogen ist, ragt ein kleines Stück über den Unterschnabel hinaus. Dies ist auch beim ausgewachsenen Kiebitz der Fall, und ich kann sagen, daß schon jetzt der Embryonalschnabel viele Ähnlichkeit mit dem des ausgewachsenen Vogels erkennen läßt, wenn er auch noch von bedeutend

plumperer Form ist als der schlanke Schnabel eines alten Kiebitz. Bei letzterem haben wir einen Schnabel von 2,80 mm Länge (wie aus der folgenden Tabelle ersichtlich, von Mundwinkel zur Spitze gemessen), der an der Wurzel 0,95 cm hoch und etwas weniger breit ist. Seiner Gestalt nach ist er ziemlich gerade, mit kolbenförmig verdickter Spitze, der Oberschnabel um einen gewissen Teil länger als der Unterschnabel und leicht abwärts gebogen. Dementsprechend ist auch die Schneide erst gerade und dann gegen die Spitze zu schwach gekrümmt. Die länglichen, schmalen Nasenlöcher liegen mitten an der sich weit vor erstreckenden Nasenhöhle. Vor den Nasenlöchern ist der Oberkiefer etwas niedergedrückt.

Die Farbe des Schnabels ist schwarz, nur bei Nestjungen zeigt sie eine bläulich-schwarze und an der Wurzel der Unterkinnlade sogar eine rötlich-graue Färbung. Was den Farbenwechsel des Schnabels während der Embryonalentwicklung anbelangt, so ist die Färbung bis zum 16. Tage weißlich-gelb. In diesem Stadium jedoch beginnt der Schnabel durch das in der Schleimschicht auftretende Pigment eine schwärzliche Färbung anzunehmen, die sich bis in die Nähe der Spitze erstreckt; die Schnabelspitze bleibt jedoch selber weißlich und hat etwa einen fleischfarbenen Ton.

Das Wachsen des Schnabels geht gesetzmäßig und Schritt für Schritt von statten, indem er sich etwa vom achtzehnten Tage an von dem vorderen Rande der Nasengruben nach der Spitze zu verlängert, bis er die Gestalt des ausgewachsenen Schnabels erreicht. Beifolgende Tabelle gibt die gefundenen Maße wieder:

Maße in cm	16 tägig.	18 tägig.	20 tägig.	23 tägig.	1 tägig. Nestj.	4 tägig. Nestj.	ausgew. Kiebitz
Länge vom Mundwinkel bis zur Spitze	1,00	1,15	1,15	1,15	1,40	1,90	2.80
Höhe an der Schnabelwurzel	0,55	0,55	0,60	0,60	0,85	0.90	0,95
Breite an der Schnabelwurzel	0,50	0,50	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Länge der Nasengruben . .	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,65
Länge vom vorderen Rand der Nasengrube bis zur Spitze	0,50	0,50	0,55	0,65	0,80	0,90	1,50

Was nun die Stellung des Vanellus im System betrifft, so hat uns die Entwicklung gezeigt, daß die typischen Familiencharaktere dieses Vogels schon auf verhältnismäßig früher Embryonalstufe vorzufinden sind; denn schon am dreizehnten Bruttage (Fig. 6) ist der Charakter der Charadriden in dem Verhalten der Extremitäten und des Schnabels deutlich ausgesprochen.

Literaturverzeichnis.

(Die hinter den Namen der Autoren gesetzten, eingeklammerten Zahlen im Text bedeuten das Werk, das unter der gleichen Nummer im Verzeichnis aufgeführt ist.)

1. Baur. Dinosaurier und Vögel. Morphol. Jahrb. Bd. X. 1885.
2. Born. Carpus und Tarsus. Morphol. Jahrb. Bd. II. 1876.
3. — Die Nasenhöhlen und der Thränengang der amnioten Wirbeltiere. II. Vögel. Morphol. Jahrb. Bd. V. 1879.
4. Foster u. Balfour. Grundzüge der Entwicklungsgeschichte der Tiere. 1876.
5. Fürbringer. Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel. Jena 1888.
6. Gadow. Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Bd. VI. Aves. Leipzig 1891.
7. Gardiner. Beiträge zur Kenntnis des Epitrichiums und der Bildung des Vogelschnabels. Leipzig 1891.
8. Gegenbaur. Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. I. Carpus und Tarsus. Leipzig 1864.
9. — Zur Gliedmaßenfrage. Morph. Jahrb. Bd. V.
10. — Vergleichend-anatomische Bemerkungen über das Fußskelett der Vögel. Archiv f. Anat. Phys. u. wissensch. Medizin. 1863.
11. Gegenbaur. Über die Nasenmuscheln der Vögel. Jen. Zeitschr. Bd. VII. 1873.
12. Hertwig, O. Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbeltiere. 1904.
13. Hertwig, R. Lehrbuch der Zoologie. 1905.
14. Kehrer. Beiträge zur Kenntnis des Carpus und Tarsus. Bericht der naturw. Ges. Freiburg 1880.
15. Kölliker. Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Tiere. 1884.
16. — Über die Entwicklung der Nägel. Sitz. Bericht der Würzburg. phys. med. Gesellsch. 1888.
17. — Über die Entwicklung der Geruchsorgane beim Menschen und beim Hühnchen. Würzb. mediz. Zeitschr. Bd. I.
18. Hertwig. Handbuch der vergl. und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere. Jena 1901.
19. Leighton. The development of the wing of Sterna Wilsonii. The american Naturalist. Vol. 28. 1894.
20. Magnus. Untersuchungen über den Bau des knöchernen Vogelkopfes. Zeitschr. f. wissensch. Zool. XXI.
21. Morse. On the Carpus and Tarsus of birds. Annals Lyc. Nat. Hist. New-York, Vol. X 1874.

22. Naumann. Naturgeschichte der Vögel. Bd. VII. 1905.
23. Owen. On the Archaeopteryx. Phil. Transact. London 1864.
24. — On the Anatomie of the Southern Apteryx. Transact. Zool. Soc. II. London 1841.
25. Parker. On the secondary Carpals, metacarpals. Proc. Roy. Soc. 1888.
26. — On the structure and development of the wing in the common fowl. Phil. Transact. of the Roy. Soc. of London 1888.
27. — On the morphologie of the duck and auk tribes. Roy. Irish. Acad. Cunningham Mem. VI. 1890.
28. Rosenberg. Über die Entwicklung des Extremitätenskeletts bei einigen durch Reduction ihrer Gliedmaßen charakterisierten Wirbeltieren. Ztschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. XXIII. 1873.
29. Semner. Untersuchungen über die Entwicklung des Meckel'schen Knorpels und seiner Nachbargebilde. 1872. Dorpat.
30. Studer. Embryonalentwicklung der Vögel. Forschungsreise S. M. S. „Gazelle". Zoolog. Bd. III. 1889.
31. — Beiträge zur Entwicklung der Feder. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. XXX.
32. Tschan. Recherches sur l'extrémité anterieure des oiseaux et des reptiles. Genève 1889.
33. Wiedersheim. Grundriss der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. Jena 1905.
34. Zehntner. Beiträge zur Entwicklung von Cypselus melba. Archiv f. Naturg. LVI. Jahrg. Bd. I. Berlin 1890.

Erklärungen der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Kopf eines 4 tägigen Embryos von unten gesehen. Vergrössert 6 mal ca.
Fig. 2. Embryo von 4 Brüttagen. Vergr. 3 ca.
Fig. 3. Embryo von 7 Brüttagen. Vergr. $1\,^1/_2$ ca.
Fig. 4. Embryo von 8 Brüttagen. Vergr. $1\,^1/_2$ ca.
Fig. 5. Embryo von 9 Brüttagen. Vergr. $1\,^1/_2$ ca.
Fig. 6. Embryo von 13 Brüttagen. Natürl. Grösse ca.
Fig. 7. Embryo von 15 Brüttagen. Verkl. $^3/_4$ ca.
Fig. 8. Embryo von 17 Brüttagen. Verkl. $^3/_4$ ca.
Fig. 9. Embryo von 20 Brüttagen. Verkl. $^3/_4$ ca.
Fig. 10. Embryo von 23 Brüttagen. Verkl. $^4/_5$ ca.
Fig. 11. Viertägiges Nestjunges. Verkl. $^4/_5$ ca.
Fig. 12. Kopf eines ausgewachsenen Kiebitz. Verkl. $^1/_3$ ca.

Tafel II.

Fig. 13—15. Aus der Schnittserie einer vorderen Extremität von acht Brüttagen.
U = Ulna. R = Radius.
u = Ulnare. r = Radiale.
C 1 + 2 = Carpale 1 + Carpale 2. C 3 = Carpale 3.
I, II, III = Metacarpale I, II, III.
Fig. 16-18. Aus der Schnittserie einer vorderen Extremität von neun Brüttagen.
Erklärungen der Zeichen wie oben.
Fig. 19. Aus der Schnittserie einer vorderen Extremität von zwölf Brüttagen.
Fig. 20—23. Aus der Schnittserie einer hinteren Extremität von acht Brüttagen.
F = Fibia. T = Tibia.
f. = Fibulare. t. = Tibiale.
T_2 = Tarsale 2. T_3 = Tarsale 3.
T_4 = Tarsale 4. I, II, III, IV = Metatarsale I—IV.
Fig. 24—27. Längsschnitte durch einen Tarsus von zwölf Brüttagen.
F = Fibia, T = Tibia } distales Ende.
TI = erste = proximale Tarsalreihe.
TII = zweite = distale Tarsalreihe.
II, III, IV = Metatarsale II, III, IV.
Fig. 28. Aus der Schnittserie einer hinteren Extremität von zehn Brüttagen.
Erklärungen der Zeichen wie oben.
Fig. 29. Aus der Querschnittserie eines Schnabels von sechzehn Brüttagen.
pn = Processus nasalis praemaxillae.
np = Processus praemaxillaris ossis nasalis.
s = Septum.
c = Concha nasalis.

pm = Processus maxillaris praemaxillae.
p = Os palatinum.
pp = Processus palatinus praemaxillae.
d = Os dentale.

Fig. 30. Querschnitt aus derselben Serie wie Fig. 29 in der Gegend der Zungenbasis.

v = Vomer.
z = Os zygomaticum.
p = Os palatinum.